PLAN BENIN

**PROGRAMME DES JS_ISRADD 2021**

AUF-CNFC

## JOURNÉES SCIENTIFIQUES

**" SCIENCES, CULTURE, ÉDUCATION ET DEVELOPPEMENT "**

**(PREMIÈRE ÉDITION JS_ISRADD 2021)**

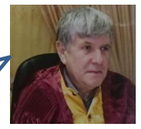
**Lieu : CAMPUS /UAC, BÉNIN**


S E C R E T A R I A T : E - m a i l . c o n t a c t @ i s r a d d - c f r . c o m

☎ : + 229 – 97 98 08 01 ; + 229 - 90 50 74 35 ; +229 - 96 84 84 89 ; +229 - 66 28 43 23




**M. SOHOUNHLOUÉ D.C.K.,**
Prof. Titulaire Émérite., UAC, Bénin



**M. DONARD O.F.X. Olivier,**
Directeur de Recherche, CNRS, France

**THÈME GÉNÉRAL :**

RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES POUR LE DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR PRIVÉ : QUELLE INTERFACE POUR QUELLES APPLICATIONS DES RESULTATS ?



**Mme PANNIER Florence,**
Prof. Titulaire UPPA- France

**M. KOUPHIN Charles**
Président de l'UNEPES, Bénin



ORGANISATION DES COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES


9 789998 265813

Les éditions ProTIC



SECRETARIAT:E-mail.contact@isradd-cfr.com

Tél.: + 229 – 97 98 08 01 ; + 229 - 90 50 74 35 ; +229 - 96 84 84 89 ; +229 - 66 28 43 23


ACTES DU COLLOQUE

**JS-ISRADD 2021**

**JOURNÉES SCIENTIFIQUES INTERNATIONALES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE RECHERCHE APPLIQUÉE POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE**

Thème général :

Recherche scientifique et innovations technologiques pour le développement du secteur privé : quelle interface pour quelles applications des résultats ?

# Actes du colloque

*Amphi Idris Déby Itno - Abomey-Calavi*
*du 25 Au 27 Janvier 2022*


CamScanner

# AMÉLIORATION DES PERFORMANCES DU SYSTEME DE RADIODIFFUSION NUMÉRIQUE MONDIALE DRM A L'AIDE DES CONSTELLATIONS NON UNIFORMES

**Péniel DASSI[1] *, Anne-Carole HONFOGA[2], Michel DOSSOU[1], Véronique MOEYAERT[2]**

*[1]Laboratoire d'Electronique et de Télécommunications et Informatique Appliquée (LETIA)/Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi/Université d'Abomey-Calavi, Bénin,*
*[2]Service d'Electromagnétisme et de Télécommunications/Université de Mons/Belgique*
**Contacts : (00229) 67441382/ 61660696/ email : penieldassi@gmail.com*
GT **A11**

**Résumé**

Le projet PHORAN, fruit d'un partenariat entre l'Université d'Abomey-Calavi (UAC) du Bénin, l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur (ARES-Belgique), l'Université de Mons (UMONS – Belgique) et l'Université Catholique de Louvain (UCL – Belgique), offre depuis sa mise en place en 2017 une formation innovante de master en photonique (fibre optique) et en radiodiffusion numérique (technologie sans fil). La présente communication qui est le résultat de nos activités de recherche dans le domaine de la radiodiffusion numérique porte sur le système DRM (Digital Radio Mondiale) qui est un système de radiodiffusion numérique. Il s'agit d'une norme pour les ondes courtes, moyennes et longues dont les fréquences sont généralement inférieures à 30 MHz. Notre travail a permis d'améliorer les performances du système DRM basé sur le codage LDPC (Low Density Parity Check) en remplaçant les constellations QAM (Quadrature Amplitude Modulation) par les constellations non uniformes à deux dimensions (2D-NUCs) du système ATSC 3.0 (Advanced Television System Comittee – Third Generation). Des résultats de nos simulations avec le logiciel MATLAB, en présence du bruit blanc Gaussien (Additive White Gaussian Noise – AWGN), à un taux d'erreur binaire de $\mathbf{10^{-3}}$, nous avons noté pour les constellations d'ordre **64** des gains de **1 dB ; 1,18 dB** et **1,25 dB** respectivement pour les rendements de code **1/2**, **3/5** and **2/3**.
**Mots clés :** DRM, NUC, QAM, ATSC 3.0

**Abstract**

The PHORAN project, the result of a partnership between the University of Abomey-Calavi (UAC) of Benin, the Academy of Research and Higher Education (ARES-Belgium), the University of Mons (UMONS-Belgium) and the Catholic University of Louvain (UCL-Belgium), has been offering since its inception in 2017 an innovative master's degree course in photonics (fiber optics) and digital broadcasting (wireless technology). The present paper which is the result of our research activities in the field of digital broadcasting focuses on DRM (Digital Radio Mondiale) which is a digital broadcasting system. It is a standard for short, medium and long waves whose frequencies are generally lower than 300 MHz. Our work has improved the performance of the DRM system based on LDPC (Low Density Parity Check) coding by replacing the QAM (Quadrature Amplitude Modulation) constellations with the non-uniform two-dimensional constellations (2D-NUCs) of the ATSC 3.0 (Advanced Television System Comittee - Third Generation) system. From the results of our MATLAB simulations, in the presence of Additive White Gaussian Noise (AWGN), at a bit error rate of $\mathbf{10^{-3}}$, we noted for the order **64** constellations gains of **1 dB**; **1,18 dB** and **1,25 dB** respectively for the code outputs **1/2**, **3/5** and **2/3**.

**Index terms:** DRM, NUC, QAM, ATSC 3.0



CamScanner

## Introduction

L'évolution des communications sans fil a été effective depuis l'avènement des techniques de transmission numérique. Ces progrès sont perceptibles dans la transmission des signaux audiovisuels et de données. Afin d'assurer le bon déploiement des réseaux et la transmission des signaux, de nombreuses normes ont été élaborées spécifiquement pour chaque type de transmission. Parmi ces normes, nous avons : la norme DAB/DAB+ (Digital Audio Broadcasting) [1] et la norme DRM (Digital Radio Mondiale) qui ont été développées afin de fournir des services de radiodiffusion numérique [2]. La DAB+ est une version améliorée de la DAB. En effet, DAB est basée sur un seul type de codage de canal (codage convolutif) et sur le format de compression numérique MPEG-2 (Moving Pictures Experts Group), alors que la DAB+ a ajouté le codage Reed Solomon comme deuxième codeur et a évolué vers le MPEG-4 [1]. Les transmissions DRM sont réalisées pour des ondes courtes (3 MHz - 30 MHz), ondes moyennes (300 kHz - 3 MHz) et ondes longues (30 kHz - 300 kHz) [2]. Dans leurs principes de transmission, tous les systèmes sont conçus pour être le plus proche possible de la limite de Shannon. Dans la conception du système DRM le codage multi-niveaux (MLC) est utilisé pour parvenir à cette fin. Cette technique consiste en l'optimisation conjointe du codage (code convolutif) et de la modulation (modulation QAM) afin d'atteindre une meilleure performance [3]. Cependant, cette méthode est plutôt limitée si nous considérons les dernières avancés en matière de technique de codage et de modulation. Contrairement à la DRM, les normes DVB-T2 (Digital Video Broadcasting – Terrestrial, Second Generation) et ATSC 3.0 (Advanced Television System Committee – Third Generation) utilisent le schéma de modulation codée par entrelacement de bits (BICM), qui consiste en la concaténation en série d'un codage FEC (Forward Error Correction), d'un entrelaceur de bits et d'un modulateur QAM [4], [5]. En termes de codage FEC, ces normes utilisent le code BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) comme codage externe et le codage LDPC (Low Density Parity Check) comme codage interne. Dans la chaîne BICM classique du système DVB-T2, les symboles sont modulés pour obtenir des constellations QAM uniformes. Avec cette forme de constellation, la complexité de la démodulation est considérablement faible. Cependant, un écart notable est observé entre la capacité de la chaîne BICM et la limite de Shannon. C'est ainsi que dans la conception de sa chaîne BICM, l'ATSC 3.0 prévoit l'utilisation d'autres types constellations dites non uniformes (NUC) qui permettrons à ce système de se rapprocher de de la limite de Shannon en terme de capacité.

Il existe deux grandes familles de techniques de conception de constellations : la mise en forme géométrique (GS) et la mise en forme probabiliste (PS) des points de constellation. Les NUC sont basés sur la technique de mise en forme géométrique. Il existe deux types de NUC : les NUC à une dimension (1D-NUC) et les NUC à deux dimensions (2D-NUC) [6]. Des travaux antérieurs ont montré que les 2D-NUC sont plus performants que les 1D-NUC et plusieurs algorithmes ont été proposés pour réduire la complexité du démodulateur des NUC [7]. Grâce à une meilleure performance en termes de robustesse du signal, la chaîne BICM comprenant uniquement des LDPC et des QAM a été proposée comme alternative au MLC dans la transmission DRM [2]. Les 2D-NUC ont été également proposés comme alternative aux constellations QAM uniformes dans les systèmes DVB-T2 [8], Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial (ISDB-T) [9] et Digital Terrestrial Multimedia Broadcast (DTMB) [10]. En outre, l'utilisation conjointe des 2D-NUC employés dans le système de radiodiffusion terrestre ATSC 3.0 et la forme d'onde de la 5G, Universal Filtered MultiCarrier (UFMC), a été proposée pour la transmission DVB-T2 [6] comme moyen d'améliorer les performances du système.



CamScanner

En considérant les travaux qui ont été réalisés, ce travail propose l'utilisation conjointe des NUC avec le codage LDPC comme alternative au code convolutif et à la modulation QAM uniforme afin d'évaluer le gain maximal atteignable pour un système DRM.

**Matériels et méthodes**

- **Système DRM (Digital Radio Mondiale) :** La technique de modulation utilisé dans le système DRM est l'OFDM codée (COFDM : Coded Orthogonal Frequency Multiplexing). Le tableau suivant résume les principales caractéristiques de ce système.

Tableau 1 : Caractéristiques du système DRM

| | Caractéristiques du système DRM |
|---|---|
| Nombre de sous porteuses | 288, 256, 176, 112, 27 |
| Ordre de modulation QAM | 4, 16, 64 |
| Codage source | MPEG-4 AAC (Advanced Audio Coding) |
| Codage de canal | Code Convolutif |
| Débit binaire net | 10 à 20 kbps |

Les nombres de sous porteuses utilisés dépendent du mode de transmission. La norme DRM prévoit 4 modes de transmission désignés par Mode A, B, C et D. Chaque mode de transmission défini le rendement de code utilisé ainsi que les paramètres OFDM [1].

- **Les constellations non uniformes (NUC) :** La norme américaine ATSC 3.0 prévoit l'utilisation de deux types de constellations : les constellations non uniformes à une dimension (1D-NUC) et à deux dimensions (2D-NUC). Les 1D-NUC ont une distance non uniforme entre les symboles de constellations mais conservent la forme rectangulaire carrée (voir figure 1), tandis que les 2D-NUC relâchent la contrainte de la forme carrée et augmentent la complexité du démodulateur (Voir figure 2). Avec les 2D-NUC, les symboles de constellations peuvent prendre n'importe quelle position dans un cadran et les symboles des trois autres cadrans sont obtenus en suivant des règles de symétrie données [11]. Ceci permet aux 2D-NUC de présenter de meilleures performances comparées aux 1D-NUC et aux constellations uniformes en présence du bruit blanc gaussien [12]. Les 2D-NUC nécessitent un démodulateur spécifique dite **Démodulateur 2D** qui présente une complexité élevé comparée au démodulateur des constellations uniformes et non uniformes à une dimension dite **Démodulateur 1D**.

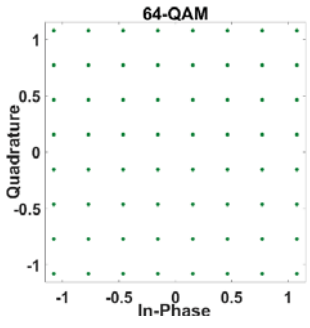



**Figure 1 : 1D-NUC d'ordre 64**

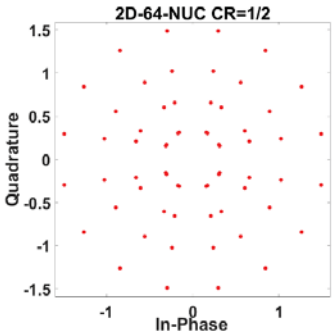



**Figure 2 : 2D-NUC d'ordre 64**



CamScanner

## Résultats et discussions

Afin d'évaluer l'impact de l'utilisation conjointe des constellations non uniformes avec le codage LDPC, une version légère du système DRM a été proposée (Voir figure 3). Les paramètres du système simulé sont présentés dans le tableau 2. Les outils d'évaluation des résultats utilisés sont le SNR (Signal to Noise Ratio) et le BER (Bit Error Rate). Le canal de propagation utilisé est l'ajout du bruit blanc gaussien (AWGN).

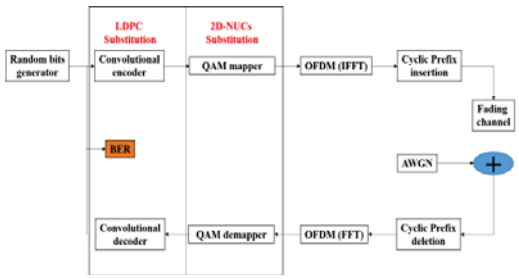



Tableau 2 : Paramètres de simulation

| | |
|---|---|
| **Mode de transmission** | Mode B |
| **Nombre de sous porteuse** | 256 |
| **Modulation** | 16-QAM, 64-QAM |
| **Rendements de code LDPC** | 1/2, 2/3, 3/5 |

**Figure 3 : Système DRM simulé**

Afin de valider le simulateur, les résultats de simulation du système DRM/LDPC avec formatage de Gray ainsi que ceux du système DRM/LDPC avec formatage DRM sont présentés. Les résultats ont été comparés aux résultats de simulation sur le DRM/LDPC obtenus dans [2]. La figure 4 présente les résultats de la simulation pour une constellation d'ordre 16 et un rendement de codage de 1/2. Pour un TEB de $10^{-3}$, les résultats de simulation obtenus et ceux présentés dans [2] sont équivalent. En effet dans [2], le système DRM/LDPC avec formatage de Gray est supérieur d'environ 1,5 dB à celui du système utilisant le formatage DRM. Ses résultats confirment la fiabilité du système proposé.

Le tableau 3 présente (en se basant sur la figure 5) les gains obtenus pour le système DRM/LDPC avec formatage de gray lorsque des 2D-NUC sont utilisés. En analysant ces gains, on peut conclure que les performances du système DRM/LDPC avec la modulation QAM 2D-64NUC sont meilleures que les performances avec la modulation 64-QAM. Pour un TEB de $10^{-3}$, les gains sont de 1 dB, 1,18 dB et 1,25 dB respectivement pour les rendements de code de code 1/2, 2/3 et 3/5.



CamScanner

Tableau 3 : Gains obtenus après comparaison des performances des NUC et de la modulation QAM dans le système DRM/LDPC

| Rendement de code | Performances | | |
|---|---|---|---|
| | SNR QAM (dB) | SNR 2D-NUC (dB) | GAINS (dB) |
| **1/2** | 9,75 | 8,75 | 1 |
| **2/3** | 13,76 | 12,58 | 1,18 |
| **3/5** | 12,68 | 11,43 | 1,25 |

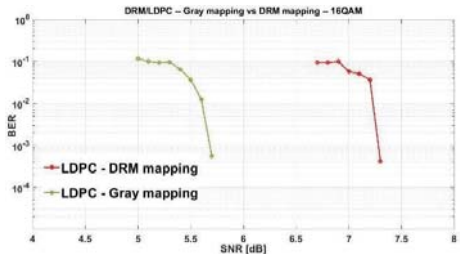



**Figure 4 : Comparaison des performances du système DRM utilisant LDPC avec le formatage de gray et le système DRM utilisant LDPC avec le codage DRM**

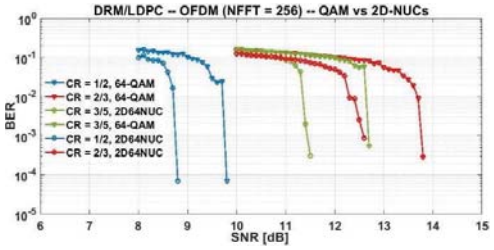



**Figure 5 : Comparaison des performances entre les modulations QAM et 2D-NUC dans le système DRM.**

Dans [2], une analyse des performances du LDPC dans un système DRM est présentée. En complément de ce travail, le présent article propose de remplacer la modulation QAM par des NUC dans un système DRM/LDPC avec codage de gray. Sur la base des résultats, nous pouvons conclure qu'il est possible d'insérer les NUC dans le système DRM afin d'améliorer les performances en utilisant le LDPC avec codage de gray et un canal AWGN.

## Conclusion

Dans cet article, l'impact des 2D-NUC dans le système DRM a été évalué en utilisant la mise en forme de constellation proposée pour l'ATSC 3.0. Le canal de propagation AWGN est utilisé pour évaluer les performances du système. Le gain en termes de SNR des NUC a été évalué à un BER de $10^{-3}$. Les résultats de simulation montrent que la substitution des QAM par les 2D-NUC permettrait d'atteindre un gain SNR de 1 dB, 1.18 dB et 1.25 dB pour les rendements de code respectifs 1/2, 2/3 et 3/5. Cependant, l'utilisation de cette mise en forme de constellation nécessite un démodulateur 2D dont la complexité de mise en œuvre augmente avec l'ordre de la constellation. Néanmoins, plusieurs algorithmes de réduction de la complexité proposés dans la littérature peuvent être mis en œuvre dans le récepteur afin d'exploiter ces gains de performance.

## Références bibliographiques

Wang Jiaqing, Yu Xiaoyan, and Wu Lenan ; Performance Evaluation Of Low Density Parity Check Codes For Digital Radio Mondiale (Drm) System," JOURNAL OF ELECTRONICS (CHINA), vol. 23 No.2, March 2006.

Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification, ETSI ES 201 980 V4.2.1 (2021-01).

Honfoga AC., Dossou M., Dassi P., Moeyaert V. (2021) ; Filtered Based UFMC Waveform Applied on Joint DVB-T2/NUC System. In: Towards new e-Infrastructure and e-Services for Developing Countries. AFRICOMM 2020. Springer, https : // doi:org/10:1007/978 - 3 - 030 - 70572 - 52



CamScanner